云 南 植 物 研 究 2005, 27 (5): 509～516
Acta Botanica Yunnanica

安徽黄精属植物叶片的比较解剖学

李金花, 周守标 , 王春景, 余本祺
(安徽师范大学生命科学学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要: 对安徽黄精属 (*Polygonatum* Mill.) 7 种植物的叶片进行了比较解剖学研究。结果表明: (1) 7 种黄精属植物叶肉细胞中普遍存在含针晶束的异细胞, 其数量多少存在种间差异; (2) 除玉竹 (*P. odoratum*) 的下表皮外, 叶表皮均无表皮毛的存在; (3) 仅下表皮有气孔器分布, 除湖北黄精 (*P. ganlandeianens*) 既有单个散布也有 2 个或 3 个聚集后随机散布外, 均为单个随机散布在下表皮上; (4) 叶片无栅栏组织和海绵组织的分化, 除湖北黄精和安徽黄精 (*P. anhuiense*) 的叶片有不显著的栅栏组织和海绵组织的分化; (5) 气孔器的某些特征, 如气孔器大小、气孔器分布、气孔器类型等特征以及表皮细胞形状和垂周壁式样在种间有一定的差异。上述特征为黄精属植物种的划分及系统演化关系的探讨提供实验证据。

关键词: 黄精属; 叶片; 比较解剖学
中图分类号: Q 944　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 0253-2700 (2005) 05-0509-08

Comparative Anatomy of the Leaves in *Polygonatum* from Anhui Province

LI Jin-Hua, ZHOU Shou-Biao**, WANG Chun-Jing, YU Ben-Qi
(*College of Life Science, Anhui Normal University*, Wuhu 241000, China)

Abstract: The comparative anatomy of the leaves of 7 species in *Polygonatum* Mill. is studied in this paper. The results are as follows: (1) The raphide idioblasts are common in these species from Anhui province, but their number is different each other; (2) No hairs on epidermis except lower epidermis of *P. odoratum*; (3) Stomatal apparatus only distribute in lower epidermis in random and single except *P. ganlandeianense* has both single and two or three get together; (4) No differentiation of palisade tissue and the spongy tissue in the leaves except *P. anhuiense* and *P. zanlanscianense* have inconspicuous one. (5) Some stomatal apparatus characters such as size, type, distribution and shape of surface cells show more or less difference among the species. These characters provide experimental evidence for division of species and systematic evolution relationships of *Polygonatum* Mill.

Key words: *Polygonatum*; Leaf; Comparative anatomy

黄精属 (*Polygonatum* Mill.) 系 Miller 1754 年建立, 迄今已发表 40 余种, 广布于北温

基金项目: 安徽省自然科学基金项目 (No. 00042415) 和安徽省重要生物资源保护与利用重点实验室专项基金项目
通讯作者: Corresponding author. E-mail: zhoushoubiao@vip.163.com
收稿日期: 2005-01-18, 2005-03-21 接受发表
作者简介: 李金花 (1981-) 女, 在读硕士研究生, 主要从事植物发育与系统分类学研究。

带。《中国植物志》(中国科学院植物研究所，1978) 记载有 31 种，安徽约有 11 种，其中包括金寨黄精、安徽黄精、琅琊黄精等近几年发表的新种和 3 个安徽地理分布新记录种。在最近陈心启编著的中国植物志英文版—— *Polygonatum* 中 (from *Polygonatum* in Flora of China@efloras.org)，把中国黄精属植物分为 39 种，同时对安徽的 3 个新种安徽黄精、琅琊黄精、金寨黄精作了归并和存疑处理。黄精属植物是一类集药用、食用、观赏于一身的经济植物，对它的研究与观察已涉及到各个领域，如细胞分类学 (邵建章等，1992，1993)，花粉形态和叶表皮形态 (郑艳等，1998，1999)，同工酶 (聂刘旺等，1999)，分支分析 (周守标等，2000)，形态分类 (张定成等，2000) 等方面。本文利用叶片解剖特征对该属植物种间进行比较形态解剖学研究，旨在为该属植物种的划分提供一些解剖学方面的依据。

1 材料与方法

1.1 石蜡切片材料和方法

材料来自滁州琅琊山和大别山天堂寨，并分别栽培于安徽师范大学校园内作观察研究。选取生境基本一致的正常植株中部的完整成熟叶片，剪取叶片中部中脉两侧约 0.5 cm×0.5 cm 的小块，用 FAA 固定，(设 5 个重复) 常规石蜡切片法切片，厚度为 12 μm，番红 - 固绿对染，中性树胶封片，制成永久切片，Olympus 显微镜观察并照相。材料名称及来源见表 1。

表 1 材料及来源

Table 1 Material and Original

种名 Species	采集地点 Locality	生态环境 Habitat	海拔高度 Alt (m)	凭证标本 Voucher
轮叶黄精 *P. verticillatum*	金寨天堂寨 Tiantangzhai，Jinzhai	林下 under forest	600	邵建章 Shao J. Z. 90449
湖北黄精 *P. ganlandeianense*	金寨天堂寨 Tiantangzhai，Jinzhai	林下 under forest	300	邵建章，周守标 Shao.J.Z，Zhou.S.B. 98502
玉竹 *P. odoratum*	金寨天堂寨 Tiantangzhai，Jinzhai	林下 under forest	400	邵建章 Shao J. Z. 89040
琅琊黄精 *P. langyaense*	滁州琅琊山 Langyashan，Chuzhou	林下 under forest	350	邵建章 Shao J. Z. 93426
多花黄精 *P. cyrtonema*	金寨天堂寨 Tiantangzhai，Jinzhai	林下 under forest	650	张定成 Zhang D. C92511
安徽黄精 *P. anhuiense*	滁州琅琊山 Langyashan，Chuzhou	林下 under forest	450	邵建章 Shao J. Z. 93425
金寨黄精 *P. jingzhaiense*	金寨天堂寨 Tiantangzhai，Jinzhai	林下 under forest	750	邵建章，周守标 Shao.J.Z，Zhou.S.B. 98503

1.2 叶表皮材料和方法

实验采用的 7 种材料 (2004 年 5～6 月)，除安徽黄精 (*P. anhuiense*) 下表皮来自腊叶标本外，其余均采自新鲜植株。选取生境基本一致的正常植株中部的完整成熟叶片，洗净，剪取叶片中部中脉两侧若干约 1.5 cm×1.5 cm 的小块，用 FAA 固定，放入 NaClO (20%) 溶液浸泡至叶片发白后取出，蒸馏水冲洗后剥离上下表皮，用 1%的番红水溶液染色，梯度酒精脱水，二甲苯透明，中性树胶封片，制成永久装片，Olympus 显微镜观察并照相，测量并统计以下指标：

1.2.1 **气孔器大小** 取叶表皮封片，置于光学显微镜下，随机测 50 个气孔器大小，求其平均值。

1.2.2 **气孔器类型** 取叶表皮封片置于光学显微镜下观察，随机检查 50 个气孔器，记录其气孔器类型。

1.2.3 **气孔器分布特征** 取叶表皮封片置于光学显微镜下观察气孔器是随机分布、有序分布还是聚集成群。

1.2.4 **叶脉处气孔器分布情况** 取叶表皮封片置于光学显微镜下观察叶脉处有无气孔器分布。

1.2.5 气孔器密度 取叶表皮封片置于光学显微镜下，观察单位面积内气孔器个数。

1.2.6 气孔器指数 (I)、单位视野气孔器数 (S)、单位视野普通表皮细胞数 (P) 均取叶表皮封片中 20 个视野平均值，其中：

$$I = \frac{S}{S + P} \times 100$$

1.2.7 表皮细胞形态、长宽比 取叶表皮封片置于光学显微镜下，观察表皮细胞形态并随机测量 50 个表皮细胞大小，计算其长宽比，求其平均值和标准差。

2 观察结果

安徽省分布的黄精属 7 种植物叶片厚度为 125～260 μm 之间 (图 1 和表 2)，均由表皮、叶肉和叶脉组成。该属植物叶表皮外被角质层，明显或较薄。上表皮由单层方形细胞紧密排列而成，规则而整齐，无表皮毛和气孔器，上表皮细胞外切向壁平滑；下表皮也是由单层方形细胞紧密排列而成，除玉竹外，均无表皮毛的分布，具气孔器，其分布密度为每两维管束之间有 1.2～3.0 个，下表皮细胞外切向壁平滑。叶肉除湖北黄精和安徽黄精有不显著的栅栏组织和海绵组织的分化外，其它均无明显的栅栏组织和海绵组织的分化。叶肉中有大量的异细胞分布，内有晶体或无，且均为针晶束 (图版 I 中白色箭头所示)。针晶束的分布密度为每两维管束之间有 0.1～2.0 个。观察结果表明黄精属上述特征在种间具有一定的差别。安徽黄精属 7 种植物的叶片解剖特征见表 2。

表皮细胞 (表面观) 呈长方形、近圆形和不规则形；表皮细胞垂周壁平直或弓形，细胞间嵌合紧密无间隙，表皮细胞种间的差别见图 2 和表 3。气孔器仅分布于下表皮，除湖北黄精气孔器既有单个散布也有 2 个或 3 个聚集后随机散布外，均为单个随机散布于下表皮中；叶脉处细胞狭长，有 2～3 列细胞构成，无气孔器出现 (图版 II：3)。气孔大小在 (38.56～45.55) μm× (29.67～40.10) μm 之间，气孔器仅有保卫细胞构成，无任何副卫细胞，气孔器类型为 Allium 型。上下表皮均未见表皮毛的分布。具体结果参见表 3。

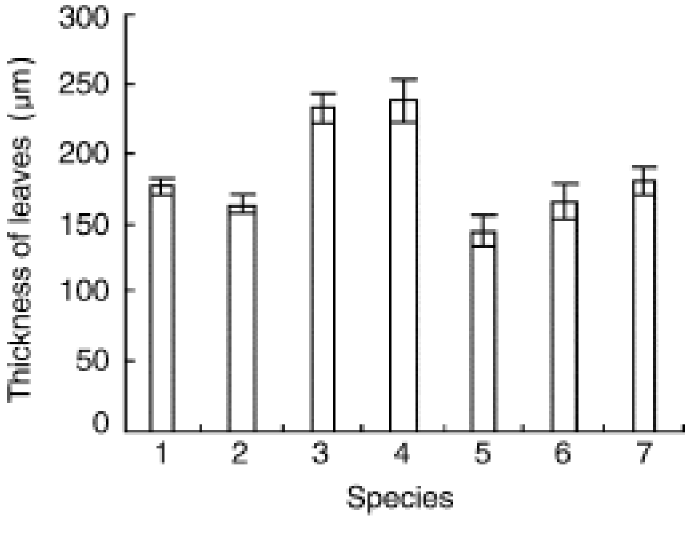


图 1 7 种黄精属植物叶片厚度

Fig . 1 The thickness of leaves in *Polygonatum* Mill .

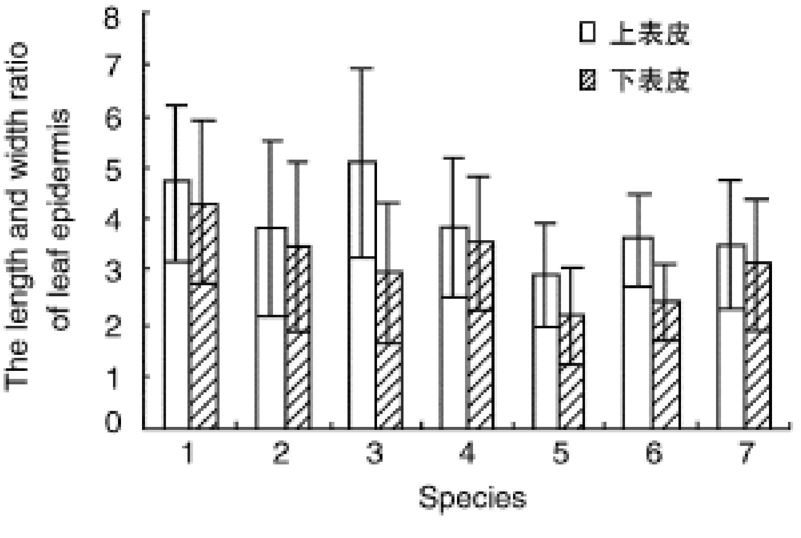


图 2 7 种黄精属植物叶片上下表皮细胞长度比

Fig . 2 The length and width ratio of leaf epidermis in *Polygonatum* Mill .

1 . 轮叶黄精 (*P . verticillatum*)；2 . 湖北黄精 (*P . ganlandeianense*)；3 . 多花黄精 (*P . cyrtonema*)；4 . 金寨黄精 (*P . jingzhaiense*)；5 . 玉竹 (*P . odoratum*)；6 . 安徽黄精 (*P . anhuiense*)；7 . 琅琊黄精 (*P. langyaense*)

表 2 安徽黄精属植物叶片的解剖特征比较

Table 2 The comparison of leaf anatomy of *Polygonatum* Mill. from Anhui province

种名 Species	上表皮 UE				下表皮 LE				叶肉		叶片厚度	针晶分	针晶分
	角质层 C	表皮毛 H	气孔器 SA	厚度 T (μm)	角质层 C	表皮毛 H	气孔器 SA	厚度 T (μm)	厚度 T (μm)	构成 SOF	TL (μm)	布密度 DOR	布位置 SOR
轮叶黄精 *P. verticillatum*	++	–	–	25	–	–	+	20	130 ~ 150	–	170 ~ 190	0.8	F
湖北黄精 *P. ganlandeianene*	+	–	–	20	–	–	+	18	120 ~ 130	+	150 ~ 170	0.3	F
玉竹 *P. odoratum*	+	–	–	18	+	+	+	12	130 ~ 140	–	125 ~ 150	1.8	F
琅琊黄精 *P. langyaense*	+	–	–	24	+	–	+	22	130 ~ 150	–	165 ~ 200	0.4	F
多花黄精 *P. cyrtonema*	+	–	–	20	–	–	+	16	180 ~ 215	–	215 ~ 240	0.8	F
安徽黄精 *P. anhuiense*	+	–	–	20	–	–	+	18	130 ~ 170	+	150 ~ 190	0.1	F
金寨黄精 *P. jingzhaiense*	–	–	–	25	–	–	+	20	175 ~ 220	–	215 ~ 260	0.1	F

注：Species = 种名；UE = upper epidermis = 上表皮；LE = lower epidermis = 下表皮；F = foliicolous = 叶肉；TL = the thickness of leaves = 叶片厚度；C = cuticle = 角质层；H = hairs = 表皮毛；"+" 的数目 = 角质层的厚薄；SOF = structure of foliicolous = 叶肉的构成；"+" = 有或明显；"–" = 无或不明显；SA = stomatal apparatus = 气孔器；DOR = density of raphide = 针晶分布密度；SOR = site of raphide = 针晶分布位置

表 3 光镜下 7 种黄精属植物叶表皮细胞的特征（表面观）

Table 3 The characters of leaf epidermis in *Polygonatum* Mill. under LM (surface view)

特征 Characters		轮叶黄精 *P. verticillatum*	玉竹 *P. odoratum*	琅琊黄精 *P. langyaense*	多花黄精 *P. cyrtonema*	安徽黄精 *P. anhuiense*	金寨黄精 *P. jingzhaiense*	湖北黄精 *P. ganlandeianene*
气孔器大小 Size of stomatal apparatus	长 Length (μm)	45.55	38.76	42.46	40.12	43.45	38.56	42.34
	宽 W (μm)	32.45	31.34	40.10	30.16	40.10	29.67	32.45
	长宽比 LWR	1.4	1.2	1.0	1.3	1.1	1.3	1.3
气孔器类型 Type of stomatal apparatus		Allium 型						
气孔器分布特征 Distribution of stomatal apparatus		单个随机散布，但叶脉处无任何气孔器						单个随机散布或 2 个，3 个聚集后随机散布
气孔器密度（个/mm^2）Density of stomatal apparatus		57.53	57.53	82.17	49.32	49.31	48.98	86.30
气孔器指数 (I)（%）Stomatal apparatus index		21.7	25.4	38.4	27.0	20.8	16.4	37.5
表皮细胞 Cell of epidermis	细胞形状 Shape of cells	长方形	近圆形、不规则	长方形、不规则	长方形、不规则、近圆形	长方形、不规则	不规则	长方形、不规则
	垂周壁式样 Pattern of anticlinal	平直	平直、弧形	平直、弧形	平直、弧形	平直、弧形	平直	平直、弧形
图版 II Plate II		17, 18	15, 16	13, 14	6, 7	1, 2, 3, 4, 5	10, 11	8, 9

3 分析与讨论

3.1 7 种黄精属植物的研究材料中，上表皮均无表皮毛的分布，下表皮仅玉竹（*P. odoratum*）具表皮毛，并且为单列多细胞型，分布于叶脉处的下表皮。表皮毛上可见一类似“关节”的结构，将上下两细胞区分开；表皮毛能明显看到构成表皮毛基部以上第一细胞的细胞核（图版Ⅰ：1 黑色箭头所示）。表皮毛的存在说明玉竹有别于黄精属其它种植物，这一点也可以从该属植物在形态上的区别得到证实：如玉竹的叶形大多为卵圆形，叶片质地较硬，地上茎具一列明显茎棱，地下茎细弱，节不膨大，节间延伸较长，呈竹鞭状；而黄精属其它种植物的叶形大多为卵状披针形，叶片质地较软，地上茎圆柱状，地下茎粗壮，呈圆柱状，连珠状或姜块状。

3.2 异细胞在黄精属叶肉中普遍存在，呈圆形，且明显比普通叶肉细胞大，大多为单独存在，内有针晶束或无，仅玉竹为 2～3 个内具针晶束或无的异细胞成群并列存在（图版I：1)。针晶束的数目在黄精属植物中具有一定的种间差异，可以作为种的鉴别特征之一。

3.3 湖北黄精（*P. ganlandeianens*）和安徽黄精（*P. anhuiense*）与该属其它种植物相比，其叶片解剖学特征比较特殊。叶肉有不显著的栅栏组织和海绵组织的分化（图版Ⅰ：5，9，10)。在它们的上表皮之下有一列垂直于上表皮的类似栅栏组织的细胞，细胞为短柱状，排列规则而较紧密，细胞内叶绿体多而大。前者两种叶肉组织的厚度之比为 0.43，而后者为 0.20。湖北黄精和安徽黄精叶片解剖学特征虽然比较特殊，但笔者认为不能作为分类的主要依据，因为叶肉组织是否分化常与叶片在枝上的着生位置以及叶片的受光情况有关。几种互生叶类黄精的叶片与地上茎近于平行，叶片受光差异不大，因此叶肉组织无栅栏组织和海绵组织的分化；而湖北黄精和安徽黄精叶片为 4～5 叶轮生，且与地上茎近于垂直，叶片受光情况有一定的差异，因此叶肉组织有不显著的栅栏组织和海绵组织的分化；轮叶黄精虽为轮生叶类，但均为 3 叶轮生，且叶片在地上茎上的着生位置及受光情况和互生叶类较为相似，所以叶片也无栅栏组织和海绵组织的分化，由此可以推断湖北黄精和安徽黄精可能有较近的亲缘关系。

3.4 7 种黄精属植物气孔器仅有保卫细胞，无任何副卫细胞，气孔器类型为 Allium 型，且均分布于下表皮中。除湖北黄精（*P. ganlandeianens*）气孔器既有单个随机散布也有 2 个或 3 个聚集后随机散布外（图版Ⅱ：9)，均为单个随机散布于下表皮中（图版Ⅱ：3，4，5，7，11，13，16，18)。

3.5 从表 3 看，安徽黄精属植物除琅琊黄精（*P. langyaense*）和湖北黄精（*P. ganlandeianens*）的气孔器密度和气孔器指数相对较高外（这可能与它们的生长环境有关，如海拔高度、湿度、光照等)，其他 5 种种间的气孔器密度和气孔器指数差异不大，气孔器大小、表皮细胞形状及其垂周壁式样等在种间差异也不大，只能作为种间的次级特征。

3.6 表皮细胞形状（表面观）为长方形、近圆形和不规则形，垂周壁平直或弓形，细胞间嵌合紧密无间隙，7 种黄精属植物上表皮细胞长宽比平均值在 2.87～5.05 之间，下表皮细胞长宽比平均值在 2.09～4.30 之间，由表 3 和图 2 可知，表皮细胞形状、大小、长宽比在种间具有一定的差异。

3.7 对 7 种安徽黄精属植物叶片厚度和上、下表皮细胞的长宽比的测量结果进行了统计分析（每个种设 10 个重复)，结果如下（方差分析方法为 LSD，置信区间为 95%)。

7 种黄精属植物叶片厚度依次为金寨黄精 > 多花黄精 > 琅琊黄精 > 轮叶黄精 > 安徽黄精 > 湖北黄精 > 玉竹；表皮细胞长宽比依次为轮叶黄精 > 多花黄精 > 湖北黄精 > 金寨黄精 > 琅琊黄精 > 安徽黄精 > 玉竹；且均为上表皮 > 下表皮。方差分析结果表明 7 种黄精属植物在叶片厚度和表皮细胞长宽比方面都有很明显差异，特别是叶片厚度方面，差异更明显，叶片厚度方面的差异可能与植物自身因素有关：金寨黄精和多花黄精的根状茎比其它几种黄精的根状茎粗的多，植株高度大多在 1～2 m 之间且较粗壮，而其它几种植株相对较矮。这可能是导致叶片厚度差异的主要原因。

〔参 考 文 献〕

中国科学院植物研究所，1978．中国植物志，第 15 卷［M］．北京：科学出版社，52—80

Nie LW（聂刘旺），Zhang DC（张定成），Zhang HJ（张海军），*et al*，1999．A study on isozymes of 5 species in *Polygonatum* Mill．[J]．*J Anhui Norm Univ*（Natural Science）（安徽师范大学学报（自然科学版）），22（1）：29—31

Shao JZ（邵建章），Zhang DC（张定成），1992．Two new species of *Polygonatum* from Anhui［J］．*Guihaia*（广西植物），12（2）：99—102

Shao JZ（邵建章），Zhang DC（张定成），Yang JG（杨积高），*et al*，1993．Karyotype analysis of 5 species of *Polygonatum* Mill．[J]．*Acta Phytotax Sin*（植物分类学报），31（4）：353—361

Zhang DC（张定成），Zhou SB（周守标），Zhang XP（张小平），*et al*，2000．A classification study on *Polygonatum* from Anhui［J］．*Guihaia*（广西植物），20（1）：32—36

Zheng Y（郑艳），Wang Y（王洋），Zhou HB（周海滨），*et al*，1999．Study on the leaf epidermis of *Polygonatum* from Anhui province［J］．*Guihaia*（广西植物），19（3）：263—266

Zheng Y（郑艳），Sun YG（孙叶根），Wang Y（王洋），*et al*，1998．Study on the pollen morphology of *Polygonatum* from Anhui，China［J］．*Bull Bot Res*（植物研究），18（4）：414—419

Zhou SB（周守标），Zhang XP（张小平），Zhang DC（张定成），*et al*，2000．A cladistic analysis of *Polygonatum* from Anhui［J］．*Guihaia*（广西植物），20（4）：329—331

图版说明

注：白色箭头——针晶束；黑色箭头——表皮毛基部以上第一细胞的细胞核

图版 Ⅰ：1．**玉竹**×200；2．**金寨黄精**×100；3．**安徽黄精**×200；4．**琅琊黄精**×200；5．**湖北黄精**×200；6．**轮叶黄精**×200；7．**多花黄精**×200；8．**轮叶黄精**×400；9．**琅琊黄精**×400；10．**安徽黄精**×400

图版 Ⅱ：1．**安徽黄精（上表皮）**×200；2．**安徽黄精（上表皮）**×400；3．**安徽黄精（下表皮）**×100；4．**安徽黄精（下表皮）**×200；5．**安徽黄精（下表皮）**×400；6．**多花黄精（上表皮）**×200；7．**多花黄精（下表皮）**×200；8．**湖北黄精（上表皮）**×200；9．**湖北黄精（下表皮）**×200；10．**金寨黄精（上表皮）**×200；11．**金寨黄精（下表皮）**×200；12．**琅琊黄精（上表皮）**×200；13．**琅琊黄精（下表皮）**×200；14．**琅琊黄精（下表皮）**×1000；15．**玉竹（上表皮）**×200；16．**玉竹（下表皮）**×200；17．**轮叶黄精（上表皮）**×200；18．**轮叶黄精（下表皮）**×200

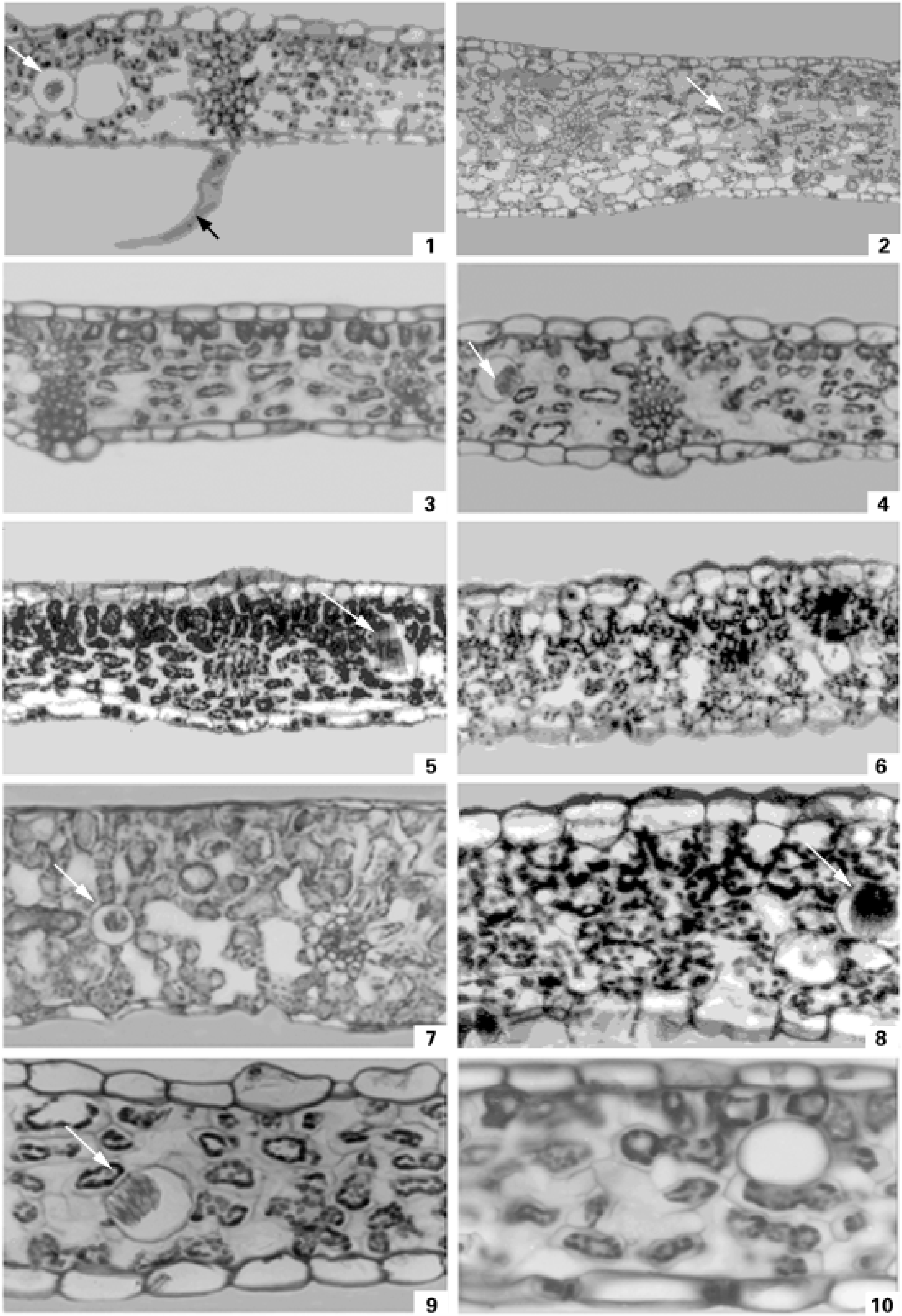
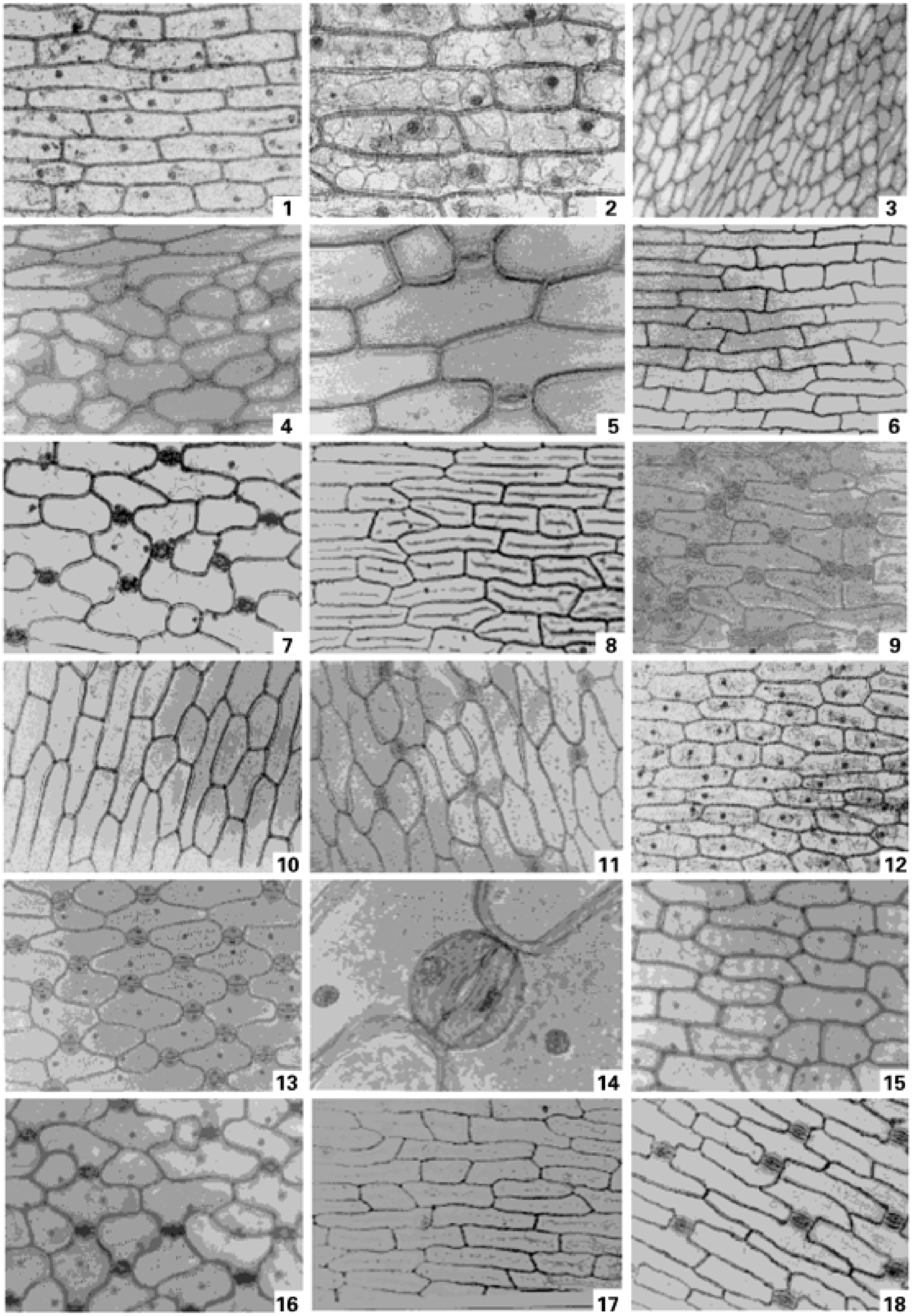
Explanation of Plates

notes：white arrowhead——raphide；black arrowhead——karyon of the first cell in the base of epidermal hair

Plate Ⅰ：1．*P．odoratum*×200；2．*P．jingzhaiense*×100；3．*P．anhuiense*×200；4．*P．langyaense*×200；5．*P．ganlandeianense*×200；6．*P．verticillatum*×200；7．*P．cyrtonema*×200；8．*P．verticillatum*×400；9．*P．langyaense*×400；10．*P．anhuiense*×400

Plate Ⅱ：1．*P．anhuiense*（UE）×200；2．*P．anhuiense*（UE）×400；3．*P．anhuiense*（LE）×100；4．*P．anhuiense*（LE）×200；5．*P．anhuiense*（LE）×400；6．*P．cyrtonema*（UE）×200；7．*P．cyrtonema*（LE）×200；8．*P．ganlandeianense*（UE）×200；9．*P．ganlandeianense*（LE）×200；10．*P．jingzhaiense*（UE）×200；11．*P．jingzhaiense*（LE）×200；12．*P．langyaense*（UE）×200；13．*P．langyaense*（LE）×200；14．*P．langyaense*（LE）×1000；15．*P．odoratum*（UE）×200；16．*P．odoratum*（LE）×200；17．*P．verticillatum*（UE）×200；18．*P．verticillatum*（LE）×200

李金花等：图版 I　　LI Jin-Hua *et al*：Plate Ⅰ



李金花等：图版 II LI Jin-Hua *et al*: Plate II